



2016年高等学校物理实验课程教学研究项目

创新创业型人才培养模式在物理实验教学中应用的探索

浙江理工大学

李小云、李超荣、张晓波、崔灿、王顺利、吴小平、李培刚

项目简介：以学生为本，从学习出发，建立“科学引领、自主学习、实践创新”物理实验创新创业教学体系；搭建“依次递进、有机衔接”的创新实践平台，为学生自主学习提供丰富多样的创新创业教育资源；建立“项目立项、论文撰写、专利申请、创新创业大赛”大学生课外物理创新创业机制，促进物理实验教学与创新创业教育有机融合。创新创业型人才培养模式在物理实验教学中应用促使学生学习的知行合一，有效激发和培养了学生的创新意识、创业精神和社会服务的综合素质。

一、研究背景



二、研究思路

存在问题：
*教学方式方法单一，学生批判性和创造性思维培养不够；
*实效性不强，实验平台短缺；
*创新创业教育体系亟待健全等。
研究思路：
以学生为本，从学习出发。所谓学习，《辞源》说：“学”乃“仿效”也，通过观察、模仿、复制、内化来获得知识；“习”乃“熟练”也，即是以反复求巩固提升个体的能力。

二、研究思路



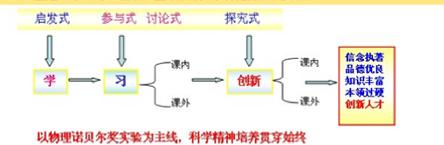
三、研究线路

1. 建立“科学引领、自主学习、实践创新”物理实验教学体系，改变学生批判性和创造性思维培养不够、教学方式方法单一的现状；
2. 挖掘和充实物理实验课程的创新创业教育资源，解决创新实践平台短缺的问题；
3. 建立大学生课外物理创新创业机制，促进物理实验教学与创新创业教育有机融合。

四、改革举措

1、建立“科学引领、自主学习、实践创新”的物理实验教学体系

- (1) 将具有“里程碑”作用的诺贝尔系列事件融入物理实验教学中；
- (2) 对该系列进行拓展，形成一批综合性、设计性、探索性的可推广实验项目；
- (3) 通过“学-习-创”三个阶段，实现创新人才培养。



四、改革举措

(1) “科学引领、课堂教学、自主学习、实践创新”教学范例

诺贝尔事件(学)	物理实验(习)	拓展与研究(创)
1907年：诺贝尔，发明X射线	迈克尔逊干涉实验	透射光的衍射、薄层、压电陶瓷的压电常数测量、迈克尔逊干涉仪的精密测量应用(拓展项目)
1921年：爱因斯坦，光电效应理论	光电效应实验	TiO ₂ @ZnO空心纳米管阵列制备物化性能研究(拓展项目) Ag/TiO ₂ 纳米棒阵列光催化性能研究(拓展项目) 一种可免洗便携式水凝胶(拓展项目)
2010年：安德烈·海恩贝格和彼得·诺沃肖洛夫，二维导电材料石墨烯的发现	石墨烯制备实验	石墨烯场效应晶体管器件的制备(拓展项目) 石墨烯与金属有机框架材料(拓展项目)

解决了：教学方式方法单一，学生批判性和创造性思维培养不够的问题

四、改革举措

(2) 形成一批综合性、设计性、探索性的可推广实验项目50多项

光催化降解染料复合纤维材料的透光性；
“四引”法测量超导体材料电阻-温度关系；
基于Ga₂O₃薄膜的光电特性测试；
ZnO复合发光材料制备与性能测试等。
进一步理解相关物理概念，掌握新材料物理特性的测试方法、仪器的性能以及操作技术；
设计制作新材料和器件，验证其自制备的可用性；进而激发学生深入探究的意愿。
解决了：实验教学中针对性、实效性不强的问题

四、改革举措

2、搭建“依次递进、有机衔接”的创新创业实践平台

知识点	基础原理	应用练习	科研创新
X射线	迈克尔逊干涉 (CP-2021, 10万/台)	迈克尔逊干涉 (CD-2100, 30万/台)	超薄干涉仪 CD-5, 100万/台
光电效应	光电效应实验 (CP-2021, 10万/台)	光电效应实验 (CD-2100, 30万/台)	3D打印光电效应实验器材(拓展项目) 3D打印光电效应实验器材(拓展项目) 3D打印光电效应实验器材(拓展项目)
石墨烯	石墨烯制备实验 (CP-2021, 10万/台)	石墨烯制备实验 (CD-2100, 30万/台)	石墨烯场效应晶体管器件的制备(拓展项目) 石墨烯与金属有机框架材料(拓展项目) 石墨烯与金属有机框架材料(拓展项目)

四、改革举措

2、搭建“依次递进、有机衔接”的创新创业实践平台

知识点	基础原理	应用练习	科研创新
光电效应	迈克尔逊干涉 (CP-2021, 10万/台)	迈克尔逊干涉 (CD-2100, 30万/台)	超薄干涉仪 (CP-5, 100万/台)
光电效应	光电效应实验 (CP-2021, 10万/台)	光电效应实验 (CD-2100, 30万/台)	3D打印光电效应实验器材(拓展项目) 3D打印光电效应实验器材(拓展项目) 3D打印光电效应实验器材(拓展项目)
石墨烯	石墨烯制备实验 (CP-2021, 10万/台)	石墨烯制备实验 (CD-2100, 30万/台)	石墨烯场效应晶体管器件的制备(拓展项目) 石墨烯与金属有机框架材料(拓展项目) 石墨烯与金属有机框架材料(拓展项目)

“政府投入、自主开发、优化组合”的建设
解决了：平台不足的问题

四、改革举措

3、校企合作、与成功创业者的交流



激发和培养了学生的创新意识、创业精神和社会服务的综合素质，促进物理实验教学与创新创业教育有机融合。

四、改革举措

4、建立了“项目立项→专利申请、论文撰写→创新创业大赛”大学生物理创新创业机制



五、创新成果-立项资助

姓名	专业	指导教师	时间	项目名称	项目性质
陈理刚	14级应用物理	吴小平、李小云	2016	“石墨烯”——一种新型二维材料的设计与制备	国家创新
曹雷	14级应用物理	王顺利、吴小平	2016	基于Ga ₂ O ₃ 薄膜的可见光LED器件的研究	国家创新
陈海林	14级应用物理	郭道友	2016	基于石墨烯的透明导电薄膜的制备与性能研究	国家创新
吴海	14级应用物理	王顺利、吴小平	2016	基于Ga ₂ O ₃ 薄膜的可见光LED器件的研究	国家创新
徐超	14级应用物理	吴小平	2017	基于石墨烯的透明导电薄膜的制备与性能研究	国家创新
徐超	14级应用物理	吴小平	2017	基于石墨烯的透明导电薄膜的制备与性能研究	国家创新
曹小东	14级应用物理	郭道友	2016	基于石墨烯的透明导电薄膜的制备与性能研究	国家创新
魏博	14级应用物理	吴小平	2016	基于石墨烯的透明导电薄膜的制备与性能研究	国家创新
吴海	14级应用物理	王顺利、吴小平	2016	基于Ga ₂ O ₃ 薄膜的可见光LED器件的研究	国家创新
曹雷	14级应用物理	王顺利、吴小平	2016	基于Ga ₂ O ₃ 薄膜的可见光LED器件的研究	国家创新

五、创新成果-指导本科生发明专利

获得时间	专利名称	发明人(红色字体为本科生)	专利号
2017-05-17	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.7
2017-02-01	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.8
2016-08-24	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.9
2016-07-20	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.10
2016-11-11	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.11
2016-10-18	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.12
2016-12-12	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.13
2016-03-10	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.14
2016-02-15	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.15
2016-04-11	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	ZL201610178181.16

五、创新成果-发明专利

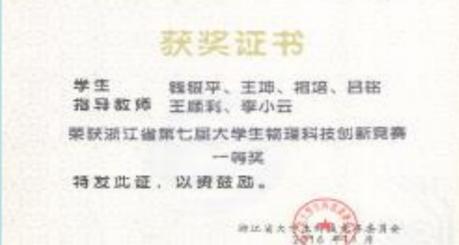
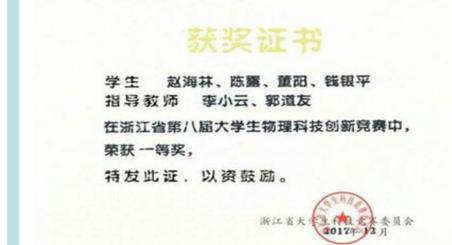
序号	发明名称	专利号	发明人	获得时间
1	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.1	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-10-11授权
2	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.2	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-09-22授权
3	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.3	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-12-27授权
4	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.4	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-01-02授权
5	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.5	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016-08-09授权
6	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.6	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016-04-14授权
7	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.7	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016-01-20授权
8	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.8	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-12-02授权
9	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.9	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-11-11授权
10	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.10	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-10-23授权
11	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.11	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-09-08授权
12	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.12	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-08-19授权
13	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.13	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-07-22授权
14	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.14	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-06-03授权
15	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	ZL201610178181.15	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2015-05-06授权

五、创新成果-发表论文

序号	发表英文文献名称	作者	发表时间
1	Characterization and Ultraviolet Photodetection Application of the SnO ₂ /Si ₃ N ₄ Heterojunction	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017 The Minerals, Metals & Materials Society
2	A nitrogen-doped zinc-oxide based on PVP/SiO ₂ nanocomposites for photocatalytic and highly efficient oxygen evolution catalyst	Xiao Xiao, Wu Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping	Applied Surface Science 441 (2018) 81-88
3	Systematic water splitting by the synergistic effect of a photocatalyst	Xiao Xiao, Wu Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping	Applied Surface Science 441 (2018) 81-88
4	NiO-enriched Ag-modified ZnO Nanoparticles Decorated Reduced Graphene Oxide	Li Xiaoping, Guo Daoyou, Wu Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping, Guo Daoyou, Wu Xiaoping, Guo Daoyou, Li Xiaoping	Electroanalysis 2016, 28, 2041-2051
5	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-10-11授权
6	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-09-22授权
7	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-12-27授权
8	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2017-01-02授权
9	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016-08-09授权
10	一种基于石墨烯的透明导电薄膜	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016-04-14授权

五、创新成果-学生获奖

序号	获奖名称	获奖形式	作者	内容摘要
1	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
2	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
3	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
4	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
5	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
6	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
7	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
8	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
9	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖
10	杭州电子科技大学	创新创业大赛	曹小东、吴小平、郭道友、李小云	2016年“挑战杯”大学生创业计划竞赛铜奖



六、创新点与特色

- (1) 实验教学体系创新：按学习的规律，创建了依次递进、有机衔接的“科学引领、自主学习、实践创新”物理实验创新创业教学体系，有利于在传授知识过程中加强创新创业教育。
- (2) 实验内容和项目创新：围绕创新创业教学体系，推动教师把国际前沿学术发展、最新研究成果和实践经验融入实验教学，有利于实验教学中心能够站在科研的高端开展物理实验教学，有利于优化各种资源，加强前沿物理实验的课程建设，推进以科研引领教学模式的进行。
- (3) 大学生课外物理实验创新创业机制创新：“项目立项→论文撰写、专利申请→创新创业大赛（物理科技创新、挑战杯、创业计划竞赛）”的大学生课外创新体系的建立，加强“习”和“创新”的教学环节，将有利于推进学生创新创业能力提高。